

Ademende kleding

door ir. H. J. M. van de Ven

Sympatex Technologies GmbH, Kasinostrasse 19-21, D-42103

Wuppertal (BRD), tel. +49 202 323256

1.	Inleiding	3
2.	Textiel	4
3.	Coatings en laminaten	6
3.1.	Algemeen	6
3.2.	Microporeuze membranen	7
3.3.	Hydrofiele, compacte membranen	8
3.4.	Hydrofiele, microporeuze membranen	9
4.	Het bepalen van de waterdampdoorlaatbaarheid	10
5.	Nieuwe ontwikkelingen	11
6.	Literatuur	12

Chemische Feitelikheden is een uitgave van Ten Hagen & Stam bv in samenwerking met de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging.

1. Inleiding

Sinds de mensen uit de tropen vertrokken en zich in andere windstreken gingen vestigen, bestaat er behoefte aan beschermende kleding. Die is nodig om het de mensen mogelijk te maken in die streken te overleven. Toen de mensen nog uitsluitend op jacht gingen en als nomaden leefden, werden hiervoor de huiden van dieren gebruikt. Later ontdekte men dat ook van bepaalde korte vezels een garen gemaakt kon worden door ze in elkaar te draaien, te twijnen. Door vervolgens deze garens te weven ontstonden lappen waar kleding uit gemaakt werd. Genoemde vezels kwamen veelal van de dieren die men hield (wol) of hadden een plantaardige afkomst (katoen, linnen, vlas). Het bleek dat deze weefsels veel aangenamer waren dan huiden.

In de natuur komt ook een garen voor dat niet uit korte vezels bestaat maar uit één lange draad, een filament: zijde. De mens heeft sinds de 17e eeuw getracht zijde na te maken. Dit heeft in de tweede helft van de 19e eeuw geleid tot de uitvinding van kunstzijde. Later in de 20e eeuw zijn daar nog talloze nieuwe synthetische garens aan toegevoegd, zoals polyester, polyamide en acryl. Deze synthetische garens kunnen zowel als filament of als korte vezel verwerkt worden. Dit laatste heeft het grote voordeel dat ze ook als mengsels, bijvoorbeeld een mengsel van polyester en katoen, verwerkt kunnen worden. Bepaalde eigenschappen van de afzonderlijke vezels kunnen daardoor worden gecombineerd.

Ondanks de zeer vele combinatiemogelijkheden blijkt hiermee de optimale combinatie van bescherming tegen koude, regen, wind én draagcomfort tijdens het verrichten van fysieke arbeid niet bereikt te kunnen worden. Daarvoor is wat extra nodig. De afgelopen jaren zijn er vele nabehandelingen van het weefsel en nieuwe materialen ontwikkeld die, samen met textiel, tot kleding leidt die een optimale combinatie van waterdichte, winddichte en ademende eigenschappen bezit.

2. Textiel

Door de open structuur heeft elk weefsel ademende eigenschappen. Tijdens het weven ontstaan er grote poriën tussen de afzonderlijke garens en kleine poriën tussen de vezels of filamenten waaruit het garen bestaat. Elk textiel geeft enige bescherming tegen regen. De mate van bescherming wordt echter bepaald door de grootte van de poriën en de snelheid waarmee de garens water opnemen en doorgeven. De poriëngrootte en -verdeling wordt beïnvloed door het soort weefsel, de diameter van het garen en de dichtheid van het weefsel, dat wil zeggen het aantal garens per cm.

De maat voor de diameter of fijnheid van een vezel of filament is de decitex (dtex). Deze geeft het gewicht (in grammen) van 10.000 meter filament (20 dtex = 20 g/10.000 m). Deze maat is gemakkelijk in gebruik maar geeft niet direct de diameter van de vezel of het filament. De diameter wordt berekend met behulp van de soortelijke dichtheid van de grondstof. Een en ander wordt verduidelijkt in onderstaande tabel.

Tabel 2. *Diameter van een vezel of filament (in μm) als functie van de grondstof*

Polymeer	8 dtex	6 dtex	0,8 dtex	0,5 dtex	0,1 dtex
Polyester (PET)	27,5	23,8	8,7	6,9	3,1
Polyamide (PA6)	28,4	24,6	9,0	7,1	3,2
Polypropeen (PP)	33,3	28,8	10,5	8,3	3,7

Hoe kleiner de diameter van de vezels of filamenten, hoe kleiner de poriën in het weefsel en hoe langer een weefsel waterdicht blijft. Door de aanwezige poriën kan het zweet ontwijken en heeft het textiel ademende eigenschappen. Door ontwikkeling van de spintechnologie is het mogelijk geworden steeds fijnere vezels of filamenten

3. Coatings en laminaten

3.1. Algemeen

Om een blijvende waterdichtheid van het weefsel te bereiken kan het textiel bestreken worden met een waterdicht materiaal, bijvoorbeeld een polyurethaan-coating. Deze coatings worden gebruikt vanwege hun uitstekende weersbestendigheid. Het textiel dat bestreken wordt bestaat veelal uit 100% synthetisch textiel, meestal polyamide. De coating kan zowel aan de buitenkant als aan de binnenkant van het textiel aangebracht worden. Wel dienen de naden aan de binnenkant met een speciaal band afgedicht te worden om het kledingstuk waterdicht te maken. Deze coatings laten echter geen waterdamp (zweet) door.

In de jaren '70 werd de waterdichte, ademende kleding ontwikkeld. Dit heeft in eerste instantie geleid tot het aanbrengen van bijvoorbeeld flappen op de rug, of openingen onder de oksels. Door lichamelijke inspanning of wind wordt de luchtlaag tussen lichaam en de regenkleding in beweging gebracht en kan zodoende door de openingen warmte en transpiratie uitgewisseld worden. Deze ingrepen hebben wel enig resultaat maar niet zodanig dat men zich daarin voldoende comfortabel voelt.

Vanaf de jaren '70 is de ontwikkeling van nieuwe producten waarmee waterdichtheid en ademend vermogen gecombineerd kunnen worden pas goed op gang gekomen. Deze nieuwe producten kunnen verdeeld worden in microporeuze membranen en hydrofiele, compacte membranen. Veel gebruikte technologieën hierbij zijn het coaten of lamineren van een weefsel. Bij het zogenaamde direct-coaten wordt een vloeibare massa over het textiel gestreken waarna het oplosmiddel of water verdampt. Hierbij ontstaat dan een microporeuze of gesloten hydrofiele laag op het weefsel. Naast het direct-coaten wordt nog het zogenaamde transfer-coaten toegepast. De vloeibare massa wordt hierbij op een release-papier gestreken, een film gevormd, die vervolgens op het textiel aangebracht wordt. Bij het lamineren wordt eerst een microporeus of gesloten hydrofiel membraan geproduceerd, dat vervolgens in de tweede stap met lijm

op het weefsel geplakt wordt. De lijm wordt discreet, in een patroon, aangebracht om het ademend membraan voor zweet toegankelijk te houden. Tegenwoordig worden nog oplosmiddelhoudende polyurethaan-lijmen gebruikt. Deze lijmen worden echter meer en meer vervangen door zogenaamde oplosmiddelvrije hotmelt-lijmen. Dit was pas mogelijk nadat nieuwe machines waren ontwikkeld voor de toepassing van deze hotmelt-lijmen.

Voor een goede ademende werking is het noodzakelijk dat de buitenstof waterafstotend is. Dit geldt voor alle systemen. De meeste systemen kunnen tegen de buitenstof aangebracht worden, op een zogenaamde insert, die tussen de voering en de buitenstof verwerkt wordt, of tegen de voering. Ook worden 3-laagslaminaten toegepast. Hierbij is de waterdichte, ademende laag tussen de buitenstof en de voering aangebracht. Welk type toegepast wordt hangt af van de toepassing en de eisen waaraan de kleding moet voldoen.

3.2. *Microporeuze membranen*

Als een dunne laag (25-30 μm dikte) heel veel hele kleine poriën (tot wel 80 volume procenten, diameter $< 0,2 \mu\text{m}$) bevat en het oppervlak van de matrix sterk waterafstotende eigenschappen bezit dan is deze laag veelal ademend en waterdicht. Verschillende technieken zijn beschikbaar om dergelijke producten te maken.

Allereerst het principe van een polyurethaan pasta. Een dergelijke pasta bestaat uit een mengsel van een polyurethaan-prepolymeer en een ketenverlenger in een oplosmiddel. Het oplosmiddel bestaat uit een mengsel: een laagkokende fractie waarin het prepolymeer goed oplost (bijv. methylethylketon (MEK)) en een fractie, die bij een hogere temperatuur kookt (bijv. water), waarin het prepolymeer niet oplost. Deze pasta wordt op het textiel gestreken. Door het verdampen van de laagkokende fractie vlokt het polymeer uit en vormt zo de matrix. Bij hogere temperatuur verdampt de hoogkokende fractie en ontstaan de poriën. Tevens start bij deze hogere temperatuur de doorpolymerisatie, waardoor de vernetting van het polymeer tot stand komt. Door aan de pasta een reactief fluor-houdend acrylaat

toe te voegen kan deze aan het oppervlak reageren voor de waterafstotende werking.

Gore, producent van de meest bekende vertegenwoordiger van microporeuze systemen, heeft het anders opgelost. Daar wordt een polytetrafluorethyleen-pasta gemengd met een laagkokende koolwaterstof en vervolgens tot een film geëxtrudeerd. Door het verwijderen van deze koolwaterstof ontstaan de poriën. Door vervolgens de film te verstrekken, verkrijgt de film de gewenste mechanische eigenschappen en zijn uiteindelijke poriestructuur. De waterafstotende eigenschappen verkrijgt het membraan door de waterafstotende eigenschappen van het gebruikte polymeer. Het verkregen Goretex membraan wordt tenslotte op een textiel gelamineerd.

Het zal duidelijk zijn dat door de verscheidenheid van technieken, de gebruikte polymeren en procesparameters een grote diversiteit aan producten verkregen kan worden. Door de juiste combinatie van ademend vermogen en waterdichtheid zijn toepassingen mogelijk die zich uitstrekken van wegwerpartikelen tot hoogwaardige artikelen.

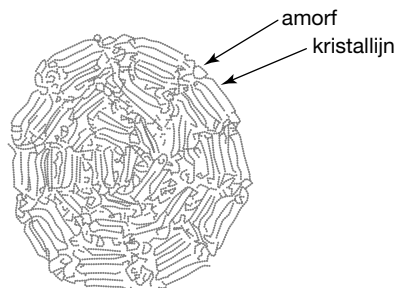
3.3. *Hydrofiele, compacte membranen*

Een hydrofiel, compact membraan is door zijn gesloten karakter waterdicht, maar hoe wordt in een dergelijk membraan waterdamp doorgelaten? Dit wordt uitgelegd aan de hand van het polymeer dat door Sympatex Technologies geproduceerd wordt. Het Sympatex membraan bestaat uit een zogenaamde blok-co-polymeer, een copolyetherester. Dit is een polymeer dat is opgebouwd uit alternerende polyester- en polyetherblokken. Deze polyetherblokken bestaan uit een aaneenschakeling van diolen, zoals ethyleenglycol. In dit geval is het polyetherblok dus polyethyleenglycol. Door de aanwezige dipolen in het polyethyleenglycol is het materiaal hydrofiel. Daar waterdamp ook een dipool is, kan het door zo'n keten gemakkelijk van een plaats met hoge concentratie naar een plaats met lage concentratie getransporteerd worden. Nadeel van een polyetherblok op basis van polyethyleenglycol is dat dit, door zijn hoge hydrofiliteit, in water oplosbaar is. Het is de taak van het polyes-

terblok om dit te voorkomen. Voor Sympatex wordt polybutyleentereftalaat als polyesterblok gebruikt.

Polybutyleentereftalaat kristalliseert snel en zorgt zo efficiënt voor de mechanische eigenschappen. Door nu de beste verhouding en lengte van de kristallijne polyesterblokken en amorse polyetherblokken te kiezen ontstaat de optimale combinatie van mechanische eigenschappen en waterdampdoorlaatbaarheid. Schematisch ziet dat eruit zoals in figuur 1 is weergegeven. De waterdamp wordt door de amorse gebieden getransporteerd.

0886-0277



Figuur 1. Schematische weergave van de morfologie van het polymeer

De zo verkregen polymeren zijn thermoplasten die na opsmelten in een extruder tot een membraan gevormd kunnen worden. Er worden op deze manier membranen tot 10 μm dikte verkregen die vervolgens op een weefsel gelamineerd worden.

3.4. *Hydrofiële, microporeuze membranen*

Uitsluitend microporeuze membranen of coatings komen in kleding, die aan hoge eisen moet voldoen, nauwelijks meer voor. Dit komt omdat deze producten tijdens het gebruik niet voldoende duurzaam zijn. Door restanten zweet of zeep verliezen deze materialen hun waterdichtheid. Daarom worden deze microporeuze membranen of coatings tegenwoordig afgedekt met een gesloten hydrofiële laag.

4. Het bepalen van de waterdampdoorlaatbaarheid

Er bestaan veel verschillende methoden waarmee de waterdampdoorlaatbaarheid bepaald kan worden. Ook worden veel verschillende eenheden gebruikt. Zo kan men in de literatuur waarden in $\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{uur}$, $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ uur}$, $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{uur}$, equivalente mm luchtlag of $\text{Pa} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ vinden. Deze waarden worden onder andere gebruikt om de kwaliteit van de verschillende systemen met elkaar te vergelijken.

Grofweg laten de methoden zich op twee manieren indelen, waarbij gebruik gemaakt wordt van:

1. droogmiddelen zoals bijvoorbeeld silicagel;
2. water.

Bij methode 1 wordt het te bepalen materiaal over een schaalpje, gevuld met silicagel, gespannen en wordt de gewichtstoename van het droogmiddel per tijdseenheid bepaald. Hieruit is vervolgens de waterdampdoorlaatbaarheid in gewichtstoename per oppervlakte-eenheid per tijdseenheid te berekenen, voor kleding meestal uitgedrukt in $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$.

Bij methode 2 wordt het te bepalen materiaal over een schaalpje met water gespannen en wordt de gewichtsafname van het schaalpje als functie van de tijd gemeten. Ook hier wordt dat meestal omgerekend naar $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$.

De methoden kunnen meestal niet direct met elkaar vergeleken worden omdat de resultaten afhangen van de condities waaronder gemeten wordt (temperatuur en relatieve luchtvochtigheid). Bovendien hebben deze simpele methoden als nadeel dat het systeem een weerstand heeft tegen waterdamptransport. Zolang de waterdampdoorlaatbaarheid niet al te hoog is, is deze systeemweerstand te verwaarlozen. Echter, de moderne materialen zijn zo goed doorlaatbaar dat deze weerstand niet meer te verwaarlozen is. Dit heeft geleid tot modificaties van de bepalingsmethoden waarbij in plaats van het waterdamptransport de weerstand tegen dit transport wordt bepaald onder omstandigheden die zo nauwkeurig mogelijk bij de praktijk liggen.

Door ISO is een methode genormeerd waarmee de weerstand bepaald kan worden. Het bestaat uit een 100% vochtige plaat die verwarmd wordt. Het monster wordt op deze plaat gelegd. Over het monster wordt een geconditioneerde luchtstroom in stand gehouden. De elektrische energie, benodigd om het water in de plaat op temperatuur te houden wordt gemeten. De weerstand wordt uitgedrukt in $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$, dit is de zogenaamde Ret-waarde. Het Bekleidungsphysiologisches Institut Hohenstein heeft veel onderzoek verricht naar de correlatie tussen de weerstand tegen waterdamptransport en het effect tijdens dragen. Hierbij is gebruik gemaakt van gegevens van proefpersonen die met standaard kleding een bepaalde arbeid in wisselende klimaten verrichtten. Dit heeft geleid tot de volgende classificatie voor waterdamptransport.

Ret-waarde	Permeabiliteit
1 – 6	zeer goed
6 – 13	goed
13 – 20	voldoende
> 20	slecht

Sympatex heeft een Ret-waarde van 1,7.

5. Nieuwe ontwikkelingen

De moderne semi-permeabele materialen zijn in eerste instantie in regenkleding, sportkleding en werkkleding toegepast. De combinatie van waterdichtheid en ademend vermogen maken ze echter ook geschikt voor toepassing in schoenen, handschoenen, matrassen. Zo komen er steeds meer toepassingen.

Bij het gebruik van pasta's wordt nog veel gebruik gemaakt van oplosmiddelen. Getracht wordt deze te vervangen door watergedragen systemen. Ook worden nieuwe machines ontwikkeld waardoor de negatieve effecten van het gebruik van oplosmiddelen geëlimineerd worden.

De vraag blijft welke eigenschappen gewenst zijn voor een optimale kleding constructie. In de afgelopen decennia hebben vele instituten, waaronder TNO, onderzoek verricht naar het fysiologisch gedrag

van kleding. Hierbij probeert men de resultaten van fysische metingen te relateren aan de ervaringen van proefpersonen. De resultaten van dit onderzoek worden gebruikt om eisen op te stellen waaraan kleding voor bepaalde toepassingen dienen te voldoen. Dit is een complexe zaak daar getracht wordt individuele ervaringen te koppelen aan fysische meetresultaten. De laatste jaren richt men zich niet alleen op onderzoek naar eigenschappen en vormgeving van kleding maar wordt duidelijk dat de samenstelling van het totale kledingsysteem belangrijk is.

Dit onderzoek heeft impulsen gegeven voor de ontwikkeling van speciale constructies van bijvoorbeeld verbindingen van kragen en waterdichte ritssluitingen. De ontwikkeling van kleding ter bescherming van de mens tegen zijn omgeving op een zo prettig mogelijke manier, al eeuwen aan de gang, is nog steeds niet ten einde.

6. Literatuur

- Körper-Klima-Kleidung: *Wie funktioniert unsere Kleidung?*, Jürgen Mecheels.- Berlin: Schiele und Schön, 1998 ISBN 3-7949-0619-5.
- *Heat transfer from humans wearing clothing*, Proefschrift W. A. Lotens, 1993.